



Asociación Mexicana de
Cirugía Bucal y Maxilofacial,
Colegio Mexicano de Cirugía
Bucal y Maxilofacial, A.C.

Vol. 10, Núm. 2 • Mayo-Agosto 2014 • pp. 57-64

Efectividad del modelo estereolitográfico en cirugía predictiva craneomaxilofacial en el Hospital Regional «General Ignacio Zaragoza» del ISSSTE. Reporte de investigación

José Ernesto Miranda Villasana,* Hiram Barajas Pérez,** Ernesto Miranda Cervantes***

RESUMEN

La planeación quirúrgica en modelos estereolitográficos ofrece beneficios para realizar un buen diagnóstico, pronóstico y plan quirúrgico preciso para el paciente. Es una herramienta útil en el estudio de las relaciones anteroposteriores, transversales y verticales del macizo facial, con una visualización integral en tres dimensiones de las alteraciones y patología de los huesos de la cabeza. Permite al cirujano visualizar y utilizar los modelos tridimensionales para realizar el plan quirúrgico predictivo con un acercamiento a la realidad de las estructuras óseas de más del 95%, adaptando previamente a la cirugía las placas de fijación de osteosíntesis con una eficacia y efectividad quirúrgica muy buenas. Se realizó un protocolo de investigación documental y de campo en pacientes con las alteraciones y patología de los huesos del macizo facial incluidas en el protocolo de cirugía predictiva con modelos estereolitográficos, con el propósito de dar un paso firme y decisivo en el tratamiento predictivo quirúrgico de los pacientes del Hospital Regional «General Ignacio Zaragoza» del Instituto de Seguridad y Servicios Sociales

SUMMARY

Preoperative planning in stereolithographic models has many benefits concerning an accurate diagnosis, a good prognosis, and a precise surgical plan for the patient. It is a useful tool for tumor, reconstructive and craniofacial surgery, ideal for the study of anteroposterior, transverse and vertical craniofacial relationships, giving the surgeon a comprehensive three-dimensional perspective of bone discrepancies. It allows the surgeon to visualize and use three-dimensional models to make a surgical predictive plan with a 95% accuracy, making possible to bend and contour the fixation plates with high efficiency before the surgical act. A surgical and field research protocol was conducted in patients with bone abnormalities at the Hospital Regional «General Ignacio Zaragoza», Instituto de Seguridad y Servicios Sociales para los Trabajadores del Estado, in Mexico City. As part of the diagnosis, a stereolithography was made, which are indicated in severe problems that need high precision to perform a surgical simulation. The study was made from January 2007 to May 2013, using a sample of 60 patients. Each one was clas-

* Mtro. Cirujano Maxilofacial, Jefe y Titular de Curso de Cirugía Maxilofacial del Hospital Regional «General Ignacio Zaragoza», ISSSTE-UNAM. México, D.F.

** Residente de cuarto año de Cirugía Maxilofacial del Hospital Regional «General Ignacio Zaragoza», ISSSTE-UNAM. México, D.F.
*** Residente de Cirugía General del Hospital Christus Muguerza-UDEM de Alta Especialidad. Monterrey, N.L, México.

Correspondencia:

Dr. José Ernesto Miranda Villasana
E-mail: Maxilofacial_Zaragoza@hotmail.com
ernestomiranda@prodigy.net.mx

para los Trabajadores del Estado del Distrito Federal, en el periodo comprendido de enero del 2007 a mayo del 2013. Se empleó una muestra de 60 pacientes que, por su complejidad, requerían procedimientos quirúrgicos con fijación interna rígida. Los sujetos fueron divididos en cuatro grupos de acuerdo con su diagnóstico, y los procedimientos fueron efectuados por el mismo cirujano y grupo quirúrgico; se comparó el procedimiento quirúrgico y adaptación de las placas de osteosíntesis entre las técnicas predictivas y quirúrgicas, obteniendo muy buenos resultados en cuanto al adiestramiento, predicción, efectividad, seguridad quirúrgica, adaptación y selección del material de osteosíntesis.

Palabras clave: Estereolitografía, cirugía predictiva, adiestramiento quirúrgico.

sified by the head surgeon and his team in four groups, according to their diagnosis. In every case more than one technique was applied, reaching the objectives of surgical skills development, selection and adaptation of the osteosynthesis material and evaluation of the benefits, safety and limitations of each procedure.

Key words: *Stereolithography, predictive surgery, surgical skills.*

INTRODUCCIÓN

Las deformidades del esqueleto craneomaxilofacial han sido tratadas mediante corrección quirúrgica, con el restablecimiento de la simetría facial y las relaciones interdentomaxilares utilizando técnicas quirúrgicas que han sido desarrolladas y perfeccionadas durante más de 50 años.¹

Los avances tecnológicos y científicos ciberneticos para el diagnóstico médico-quirúrgico han influido de manera directa en la planeación de tratamientos quirúrgicos para el restablecimiento de la forma y la función en deformidades dentofaciales óseas, ofreciendo un pronóstico predecible de las relaciones de los tejidos óseos faciales a través de la estereolitografía.

ANTECEDENTES

La tomografía computarizada fue viable clínicamente en la década de 1970, ocasionando una revolución en el diagnóstico y plan de tratamiento de diversas patologías. Posteriormente, en la década de 1980, varias técnicas estaban disponibles para la obtención de modelos físicos en 3D basándose en la obtención de las imágenes mediante los cortes de la tomografía computarizada.

A finales de la década, en 1986, surgió la estereolitografía, acreditada a Charles Hull, quien introdujo este avance tecnológico que permitió la obtención de modelos tridimensionales de la estructura anatómica ósea de un paciente mediante un proceso de curado polimérico por láser.

En la actualidad, para la predicción quirúrgica de cirugía craneofacial, persiste con frecuencia el uso de estudios de imagen, apoyo con cortes obtenidos

de tomografía computarizada en tercera dimensión (TC3-D), resonancia magnética nuclear (RMN), ultrasonido, etcétera; éstos, a pesar de proveer información inmensa y permitir realizar decisiones diagnósticas –además de terapéuticas–, sólo nos otorgan una visión limitada de la condición del paciente respecto a su deformidad.

La estereolitografía consiste en la realización de estructuras, prototipos o modelos físicos sólidos en tres dimensiones, de tamaño real o a escala, de alta precisión y exactitud, basados en la construcción con fotopolímeros con tecnología láser y sistemas de diseño y elaboración asistidos por computadora (CAD/CAM).

La tomografía computarizada nos otorga imágenes volumétricas de las estructuras faciales en 2D; los datos obtenidos son convertidos en imágenes 3D de las estructuras craneomaxilares del paciente mediante secuencias de algoritmos computarizados. En la actualidad existen programas CAD-CAM que se han utilizado para planear y predecir procedimientos del complejo craneomaxilofacial; esta aplicación permite importar los datos de tomografías computarizadas en formato DICOM para generar reconstrucciones en 3D craneomaxilofaciales idénticas a la estructura ósea facial, y entonces los datos pueden ser utilizados para diseñar un modelo estereolitográfico en el cual se puede realizar una cirugía simulada con el 97% de efectividad y adecuado acercamiento a la realidad.

La fabricación del modelo estereolitográfico en 3D involucra un proceso que utiliza un software especializado que vincula la información obtenida de la tomografía computarizada y la transfiere a un modelo en resina epóxica; el proceso comienza en un tanque con resina polimerizable y un láser. El modelo es fabricado en una serie de capas, que

corresponden cada una al equivalente del corte axial de la tomografía computarizada. Una plataforma se sumerge en un líquido de resina y después se eleva justo por debajo de la superficie a polimerizar; el láser es guiado mediante el software y dibuja sobre la capa de líquido el objeto que corresponde al corte de la tomografía, y esto hace que solidifique; después de que la primera capa es fabricada, la plataforma baja ligeramente y se realiza el mismo procedimiento para una polimerización secuencial hasta que todos los cortes de la tomografía son duplicados en el modelo de resina. Cada capa tiene un grosor de 0.05 a 0.15 mm. El producto final es una réplica en 3D sólida y precisa del paciente. Barker y colaboradores realizaron un estudio en donde compararon los modelos en 3D con un cráneo: encontraron una diferencia de 0.85 mm, con un rango de precisión de 97.7 a 99.12%.

El propósito de este estudio es comprobar que la predicción quirúrgica en prototipos estereolitográficos anatómicos otorga un adiestramiento, predicción, efectividad y seguridad quirúrgica, además de una adaptación y selección del material de osteosíntesis idóneo para cada paciente, influyendo en los resultados óptimos del tratamiento, con la disminución de los tiempos quirúrgicos.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se procedió a desarrollar la técnica de investigación documental y de campo en los pacientes con alteraciones y patología de los huesos del macizo facial incluidos en el protocolo de cirugía predictiva con modelos esterelitográficos del Hospital Regional «General Ignacio Zaragoza» del Instituto de Seguridad y Servicios Sociales para los Trabajadores del Distrito Federal, en el periodo comprendido de enero de 2008 a mayo de 2013. Se seleccionó una muestra de 60 pacientes que, por su complejidad, requerían procedimientos quirúrgicos con fijación interna rígida y elaboración de modelos estereolitográficos; todos fueron intervenidos por el mismo cirujano. Para el análisis estadístico de los datos se utilizó la medida de tendencia central moda.

Los pacientes se dividieron en cuatro grupos de acuerdo con su diagnóstico: grupo 1. cirugía ortognática; grupo 2. cirugía craneofacial; grupo 3. cirugía de trauma facial óseo; grupo 4. cirugía de patología ósea benigna facial, comparando los siguientes criterios:

Cirugía en modelo estereolitográfico con adaptación de placas de osteosíntesis entre cirugía en pacientes con colocación de placas de osteosín-

tesis precontorneadas, evaluados cada uno con la siguiente escala: malo, regular, bueno, muy bueno y excelente.

Los criterios de inclusión fueron, para todos los pacientes, fotografías clínicas, cirugía predictiva en papel, cirugía en modelos de estudio en yeso.

Criterios de exclusión: aquellos pacientes que abandonaran el protocolo de tratamiento.

A todos los pacientes se les realizó estudio de tomografía computarizada con reconstrucción 3D con cortes a 0.5 mm y estereolitografía. Se procedió a realizar las técnicas quirúrgicas predictivas específicas para cada paciente de los cuatro grupos seleccionados en el modelo estereolitográfico utilizando microsierras de corte fino, fijando los segmentos óseos en la posición determinada con silicón y adaptando las placas de osteosíntesis en el prototipo, utilizando sistema Champi.

Todos los pacientes fueron intervenidos quirúrgicamente bajo anestesia general, aplicando el protocolo quirúrgico predictivo seleccionado para cada caso; utilizando microsierras para corte y fijación ósea en cada paciente, se colocaron las placas de osteosíntesis del sistema 2.0, 24 Champi previamente contorneadas en el modelo estereolitográfico para fijar los segmentos óseos, registrando la evaluación del proceso.

RESULTADOS

De los 60 pacientes de la muestra seleccionada, la distribución por sexo fue 31 femeninos y 29 masculinos, con edad media de 31 años (*Figura 1*).

De acuerdo con el tipo de cirugía con respecto al sexo, se registraron más pacientes del sexo femenino en cirugía ortognática (11 de 15 pacientes) y cirugía

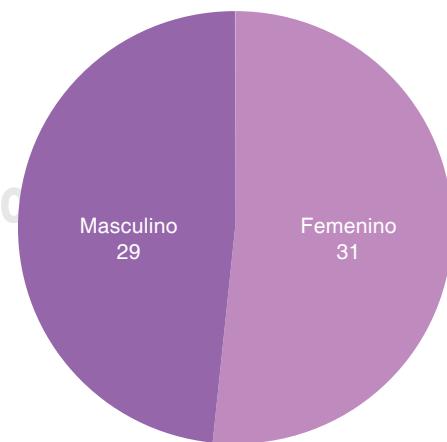


Figura 1. Distribución del número de pacientes por sexo.

craneofacial (tres de cinco pacientes); con respecto al sexo masculino, se detectaron en mayor cantidad en cirugía de trauma facial óseo (14 pacientes) y en cirugía de patología ósea benigna facial (11 de 20 pacientes de cada grupo) (Figura 2).

En relación con el grupo de cirugía ortognática, con 15 casos, en modelo estereolitográfico con procedimiento quirúrgico y adaptación de placas de osteosíntesis, los valores obtenidos para «muy bueno» fue de 12 pacientes, 80%, y «excelente», en 3, 20% del total de pacientes (Figura 3).

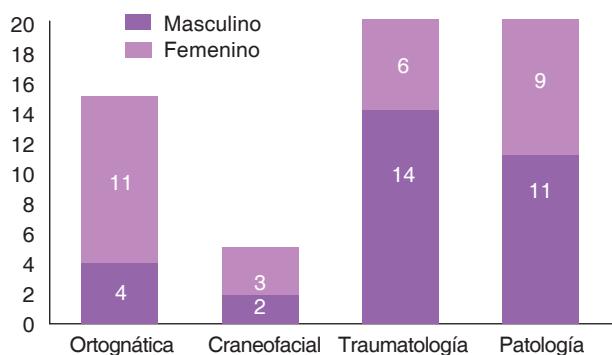


Figura 2. Tipo de cirugía por sexo.

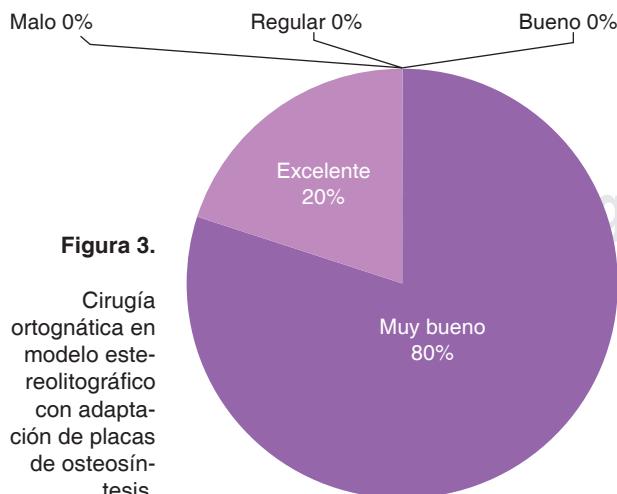
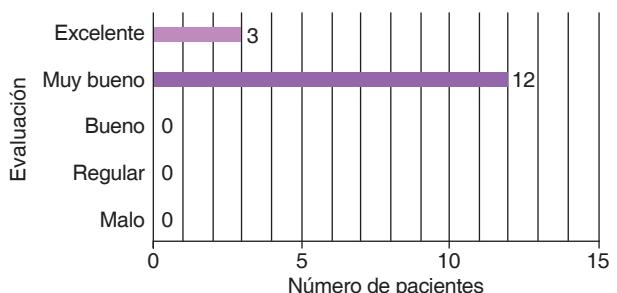


Figura 3.

En comparación con la cirugía ortognática en pacientes y colocación de placas de osteosíntesis, aumentó el valor de «excelente» a un 40% (seis pacientes), disminuyendo «muy bueno» en un 60% (nueve casos); para «malo», «regular» y «bueno», cero pacientes (Figura 4).

En el grupo de cirugía craneofacial, con cinco pacientes en cirugía en modelo estereolitográfico, se obtuvo «muy bueno» en tres pacientes (60%) y «excelente» y «bueno» en un paciente cada uno (Figura 5).

La cirugía craneofacial en pacientes con colocación de placas de osteosíntesis precontorneadas mostró una evaluación favorable para el rubro de «excelente», con dos casos (40%), manteniendo tres pacientes (60%) para «muy bueno» (Figura 6).

El grupo de pacientes con cirugía de trauma facial óseo en modelo estereolitográfico con adaptación de placas de osteosíntesis estableció un 70% de 20 pacientes analizados (14 sujetos) para la estimación de «muy bueno» y 6 individuos (30%) de «excelente» (Figura 7).

En lo que se refiere a la cirugía de trauma facial óseo en pacientes con colocación de placas precontorneadas de osteosíntesis, la proporción de «muy

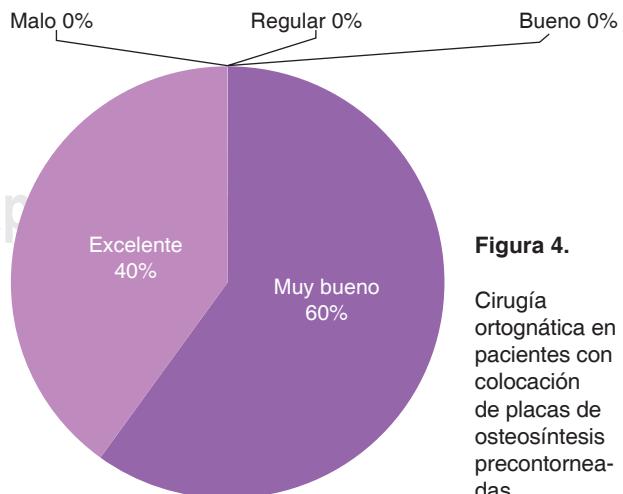
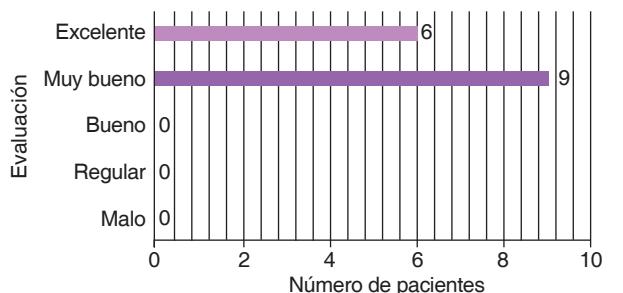
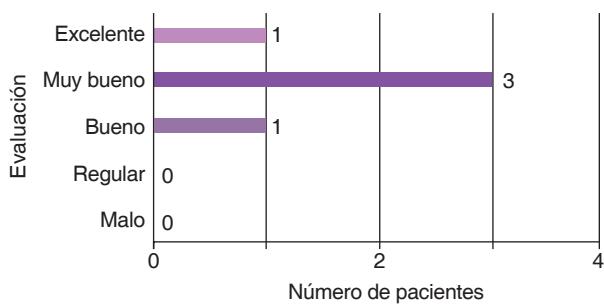
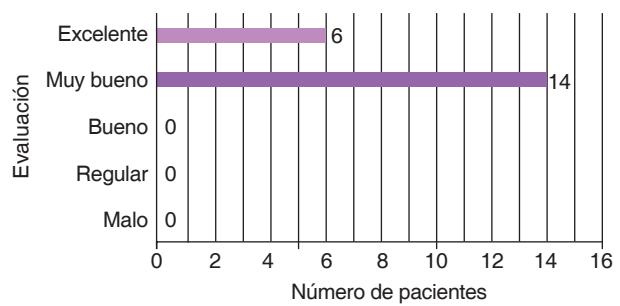


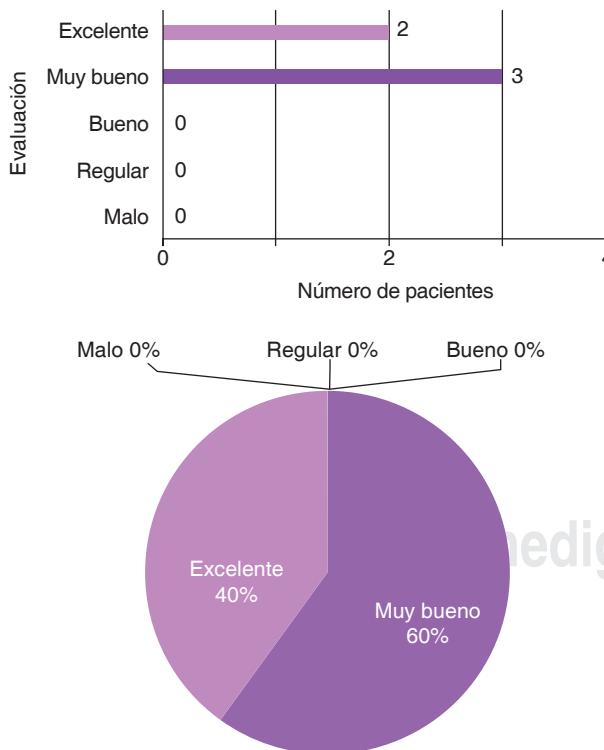
Figura 4.

**Figura 5.**

Cirugía craneofacial en modelo estereolítográfico con adaptación de placas de osteosíntesis.

**Figura 7.**

Cirugía de trauma facial en modelo estereolítográfico con adaptación de placas de osteosíntesis.

**Figura 6.** Cirugía craneofacial en pacientes con colocación de placas de osteosíntesis precontorneadas.

«bueno» registró un 60% (12 pacientes), «excelente» (6 personas) y «bueno», 10% (2 casos) (Figura 8).

La relación de evaluación en la cirugía de patología ósea benigna facial en modelo estereolítográfico determinó un 45% (9 pacientes de 20 casos) para «muy bueno», 35% (7 casos) para «excelente» y finalmente, 20% (4 pacientes) para «bueno,» con cero pacientes para «regular» y «malo» (Figura 9).

Los valores obtenidos en la cirugía de patología ósea benigna facial en pacientes con colocación de placas de osteosíntesis precontorneadas determinó que el rubro de «muy bueno» registró un 75% (15 pacientes), «excelente» 15% (3 casos) y «bueno», 2 pacientes; «malo» y «regular», con cero pacientes (Figura 10).

La mayor frecuencia de evaluación dentro de la distribución por grupos en modelo estereolítográfico con cirugía predictiva y adaptación de placas de osteosíntesis estipuló que el valor más frecuente fue para «muy bueno», con 38 modelos estereolítográficos, 17 «excelentes», «bueno» con 5 y cero para «regular» y «malo» (Figura 11).

Con respecto a la cirugía ósea en pacientes con colocación de placas precontorneadas, la mayor frecuencia de evaluación en la distribución por

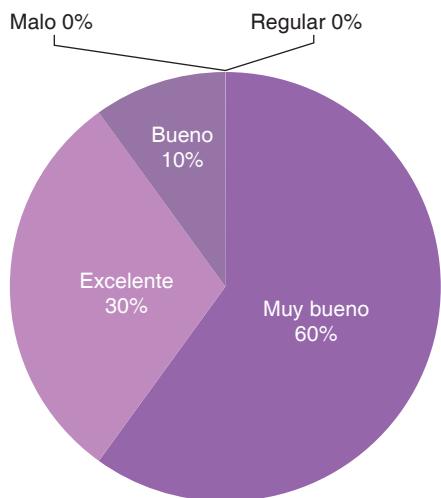
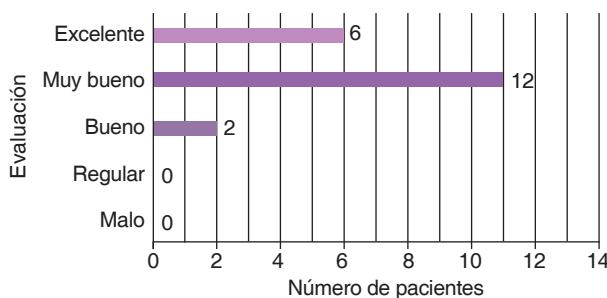


Figura 8.

Cirugía de trauma facial en pacientes con colocación de placas de osteosíntesis precontorneadas.

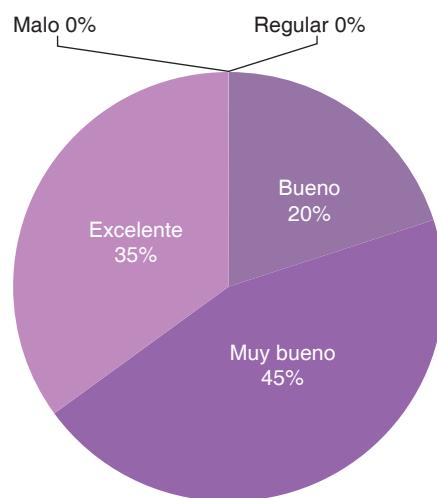
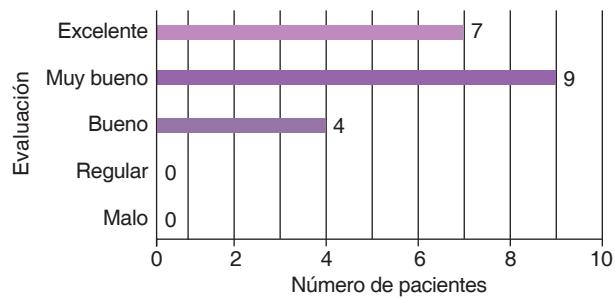


Figura 9.

Cirugía de patología ósea benigna facial en modelo estereolitográfico con adaptación de placas de osteosíntesis.

grupos de estudio, mostró para el valor «muy bueno» 39 pacientes, 17 «excelente», 4 «bueno» y cero pacientes «regular» y «malo» (Figura 12).

DISCUSIÓN

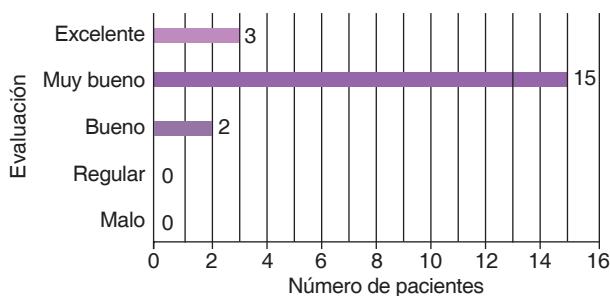
La predicción quirúrgica en prototipos estereolitográficos anatómicos de las patologías craneofaciales con adaptación de material de osteosíntesis comparando cirugía en pacientes con colocación de placas de osteosíntesis precontorneadas, es un procedimiento no utilizado comúnmente debido a que no se tienen reportes bibliográficos a nivel mundial que admitan hacer una comparación con nuestra investigación.

La predicción y análisis de los resultados quirúrgicos en las alteraciones craneomaxilofaciales de los tejidos óseos requiere de un diagnóstico preciso, conjuntamente con la seguridad del cirujano de explicarle al paciente los resultados de la cirugía propuesta y el aspecto facial futuro, valiéndose en la actualidad de la predicción estética en fotografías, cefalometrías con predicción quirúrgica objetiva (STO) y cirugía en modelos de yeso montados en articuladores semiajustables. Éstos, utilizados principalmente en

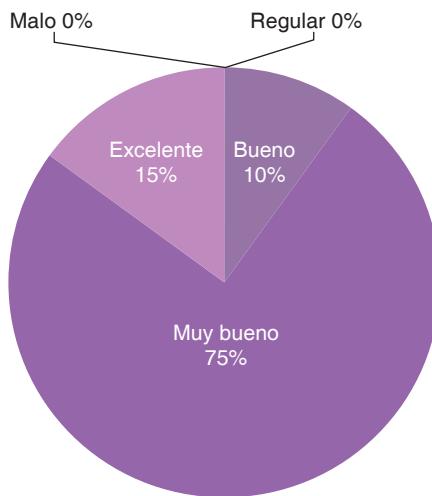
cirugía ortognática, presentan información quirúrgica adecuada respecto a los tejidos duros –pero no a la reconstrucción y estabilización–, pero escasa sobre los tejidos blandos faciales, como lo mencionan las propuestas de Fish y Epker (1980), Proffit y Epker (1980) Moshiri y su grupo (1982). Dolphin Aquarium es una herramienta de comunicación dinámica que utiliza al máximo gráficos de alta calidad animados en 3D. Está diseñado para demostrar los temas comunes y complejos, incluyendo los hallazgos diagnósticos; su inconveniente es que utiliza equipos costosos.

Todos estos estudios presentan una inestabilidad predictiva de los cambios óseos y blandos craneofaciales para el paciente. La literatura reporta que la estereolitografía ha sido utilizada exitosamente para mejorar la predicción de los tratamientos para defectos óseos en la región maxilofacial secundarios a trauma, patología y deformidades craneofaciales.

La cirugía en modelos figurados propuesta en la actualidad refleja una simulación quirúrgica con posibles cambios dinámicos de la estructura ósea y de tejidos blandos craneomaxilares con una definición «buena», a diferencia de nuestra propuesta

**Figura 10.**

Cirugía de patología ósea benigna en pacientes con colocación de placas de osteosíntesis precontorneadas.

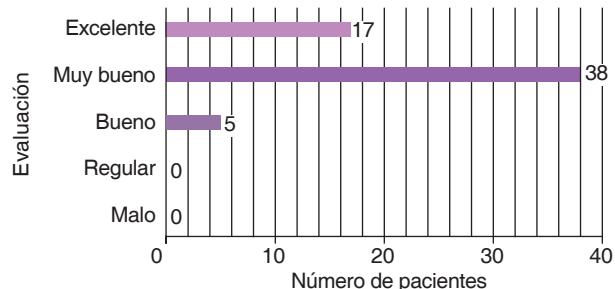
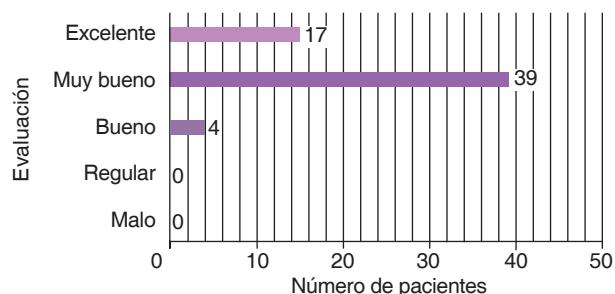


quirúrgica ósea en las alteraciones craneomaxilofaciales, cuyo resultado del análisis estadístico de moda es «muy bueno» en nuestra investigación para cirugía en modelo estereolitográfico con adaptación de placas de osteosíntesis entre cirugía en pacientes con colocación de placas de osteosíntesis precontorneadas, en alteraciones óseas benignas craneofaciales analizadas.

CONCLUSIÓN

La estereolitografía tiene un uso preciso y satisfactorio en el diagnóstico, planeación y reconstrucción de las deformidades craneomaxilofaciales. El uso de estos modelos físicos tridimensionales como réplica de las estructuras óseas en la planeación para intervenciones quirúrgicas reduce el tiempo en quirófano en hasta un 20%.

La predicción quirúrgica en prototipos estereolitográficos anatómicos otorga un adiestramiento, predicción, efectividad y seguridad quirúrgica para el cirujano maxilofacial y, en especial, para la formación de los alumnos de residencia en cirugía maxilofacial, permitiendo explicarle al paciente en detalle su tratamiento y su probable futuro, además

**Figura 11.** Distribución del valor más frecuente de evaluación por modelo estereolitográfico con cirugía y adaptación de placas de osteosíntesis.**Figura 12.** Distribución del valor más frecuente de evaluación por cirugía en pacientes con colocación de placas de osteosíntesis precontorneadas.

de una correcta identificación de los detalles de las técnicas quirúrgicas, adaptación y selección del material de osteosíntesis idóneo para cada paciente, influyendo en los resultados óptimos del tratamiento quirúrgico, con la disminución de los tiempos quirúrgicos.

BIBLIOGRAFÍA

1. Brown GA, Milner B, Firoozbakhsh K. Application of computer-generated stereolithography and interpositioning template in acetabular fractures: a case report of eight cases. *J Orthop Trauma*. 2002; 16 (5): 347-352.
2. De Zelincourt D, Pekkan K, Kitajima H, Fraker D, Yoganathan AP. Single step stereolithography of complex anatomical models for optical flow measurements. *J Biomech Eng*. 2005; 127 (1): 204-207.
3. D'Urso PS, Earwaker WJ, Barker TM, Redmond MJ, Thompson RG, Effeney DJ et al. Custom cranioplasty using stereolithography and acrylic. *J Craniol Surg*. 2003; 14 (86): 819-832.
4. Edward RC, Kiely KD, Eppley BL. Fixation of bimaxillary osteotomy with reabsorbable plates and screws: experience of 20 consecutive cases. *J Oral Maxillofacial Surg*. 2001; 59: 271-276.
5. Ghali GE, Sikes JW. Intraoral vertical ramus osteotomy as the preferred treatment for mandibular prognathism. *J Oral Maxillofacial Surg*. 2000; 58: 313-315.

6. Hill JS, Reuther JF. Rapad prototyping in planning reconstructive surgery of the head and neck. Review and evaluation of indications in clinical use. *Mund Kiefer Gesichtschir.* 2004; 8 (3): 135-153.
7. Stoner DL, Watson SM, Stedfeld RD, Meakin P, Griffel LK, Tyler TL et al. Application of stereolithography custom models for study the impact of biofilms and mineral precipitation of fluid flow. *Appl Environ Microbiol.* 2005; 71 (12): 8721-8728.
8. Jiménez-Castillo R, Benavides-Ríos A. La estereolitografía en la Facultad de Odontología de la UNAM. *Revista Odontológica Mexicana.* 2005; 9 (1): 48-50.
9. Takeda MW, Kirihiara S, Miyamoto Y, Sakoda K, Honda K. Localization of electromagnetic waves in three dimensional fractal cavities. *Phys Rec Lett.* 2004; 92 (9): 093902.
10. Nojdehi M, Buschang PH, English JD, Wolford LM. Postsurgical growth changes in the mandible of adolescents with vertical surgery maxillary excess growth pattern. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2001; 119: 106-116.
11. Molina F. Avances en distracción ósea creaneofacial. I *Symposium internacional sobre deformidades faciales congénitas y 2a reunión de la Sociedad Española de Fisuras faciales.* La Coruña. 2002.
12. Perez-Arjona E, Dojovny M, Park H, Kulyanov D, Galaniuk A, Agner C et al. Stereolithography neurosurgical and medical implications. *Neurol Res.* 2003; 25 (3): 227-236.
13. Posnick JC, Ruiz RL. Treacher Collins syndrome; current evaluation, treatment and future directions. *Cleft Palate Craniofacial J.* 2000; 37 (5): [483]1-22.
14. Turner RC. An overview of stereolithography (STL). *J Biocommun.* 2003; 29 (4): 3-4.
15. Yacubian A, Laronga PR, Coelho RA, Ducati LG, Silva MV. Prototipagem as an alternativa para realização de cranioplastia com metilmetacrilato: nota técnica. *Arq Neuropsiquiatr.* 2004; 63 (3): 1-7.
16. Wurm G, Tomancok B, Holl K, Trenkler J. Prospective study on cranioplasty with individual carbon fiber reinforce polymer (CFRP) implants produced by means of stereolithography. *Surg Neurol.* 2004; 628 (6): 510-521.
17. Weber W. A modified mandibular ramus osteotomy for orthognathic surgery. *J Oral Maxillofacial Surg.* 2001; 59: 237-240.
18. Wolfor LM, Karras SC, Mehra P. Consideration for orthognathic surgery during growth, part 1: mandibular deformities. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2001; 119: 95-101.
19. Wolfor LM, Karras SC, Mehra P. Consideration for orthognathic surgery during growth, part 2: mandibular deformities. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2001; 119: 102-105.
20. Wolfor LM, Karras SC, Mehra P. The sagittal split ramus osteotomy as the preferred treatment for mandibular prognathism. *J Oral Maxillofacial Surg.* 2000; 53: 310-312.
21. Yamada K, Hanada K. Condylar bony change, disk displacement and signs and symptoms of TMJ disorders in orthognathic surgery patients. *Oral Surg Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2001; 91: 603-610.